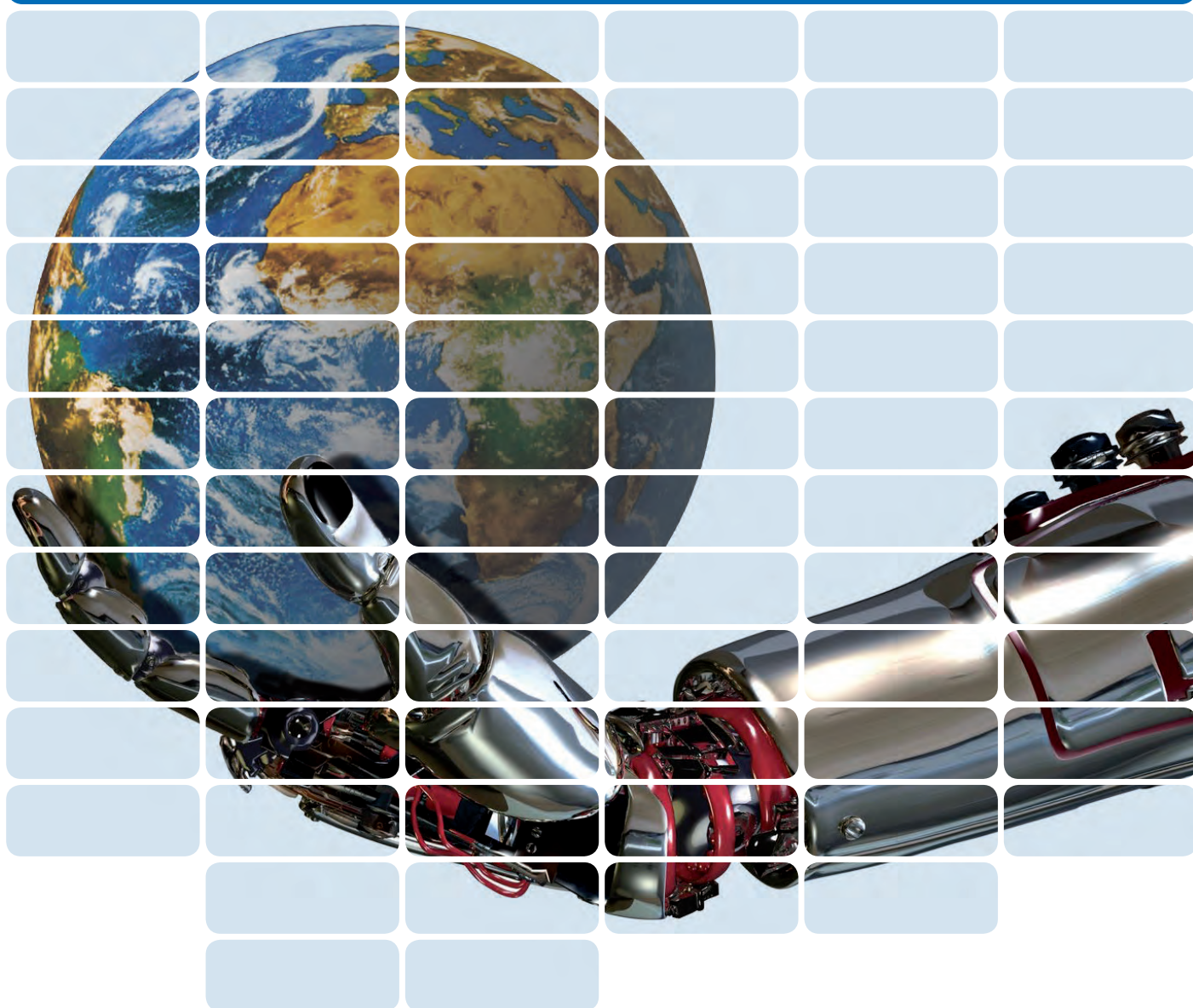


MachineWorld

Introduzione alla tecnica delle macchine
Edizione con soluzioni



1. Classificazione

1.1	Sistemi industriali	6
-----	---------------------	---

2. Collegamenti smontabili

2.1	Filetti	10
2.2	Collegamenti a vite	21
2.3	Spine e perni	33
2.4	Collegamenti albero-mozzo	43
2.5	Coni	53

3. Collegamenti non smontabili

3.1	Collegamenti rivettati	60
3.2	Collegamenti a pressione	67
3.3	Unioni incollate	75
3.4	Collegamenti brasati	83
3.5	Collegamenti saldati	91

4. Elementi di trasmissione

4.1	Alberi e assi	108
4.2	Cuscinetti e guide	115
4.3	Cinghie	133
4.4	Catene	139
4.5	Ingranaggi	143
4.6	Trasmissioni	153
4.7	Accoppiamenti	165
4.8	Molle	175
4.9	Elementi ammortizzanti	183
4.10	Guarnizioni	191

5. Progetto «elicottero radiocomandato»

5.1	Esercizi	201
-----	----------	-----

6. Macchine motrici e da lavoro

6.1	Classificazione	212
6.2	Pompe	219
6.3	Compressori	239
6.4	Motori a combustione	253

7. Energie rinnovabili

7.1	Classificazione	276
7.2	Energia solare	277
7.3	Centrali idroelettriche	287
7.4	Impianti eolici	297
7.5	Pompe di calore	303

8. Campo libero Tecniche delle macchine

8.1	Motori a reazione	310
8.2	Turbine a gas e a vapore	323
8.3	Macchine frigorifere	331

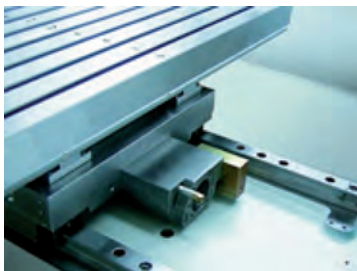
9. Progetto «Seggiovia»

9.1	Lavori da realizzare	336
-----	----------------------	-----

1.1 Sistemi industriali

Per il montaggio o la manutenzione delle macchine è importante conoscere la struttura interna (funzione e struttura) dei sistemi, ad es. di una macchina utensile. Si deve poter individuare e sostituire eventuali componenti difettosi. Le macchine sono sempre costituite da elementi e gruppi costruttivi simili, tra cui trasmissioni, motori, alberi, viti, molle e molti altri.

Guida a ricircolo di sfere



Montante di macchina



Tavola rotante girevole



Macchina utensile



Livello di osservazione

Elemento

Gli elementi sono parti di gruppi che non possono essere smontati ulteriormente.

Gruppi

o gruppi costruttivi sono parti costituenti del sistema.

Dispositivi

sono parti di un sistema.

Sistema

macchina autonoma funzionante

Montaggio, fabbricazione

Smontaggio, riparazione

2.2.4. Classi di durezza

Per dimensionare correttamente un collegamento a vite, sono state definite delle classi di resistenza che vengono indicate da due cifre sulla testa della vite o sul dado.

Vite



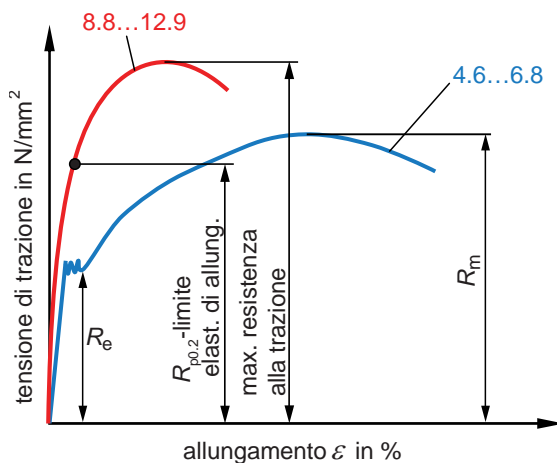
XX = marca del produttore

6.8

La prima cifra (**6**) corrisponde a $1/100$ della resistenza di trazione in N/mm^2 .

$$R_m = 6 \times 100 \text{ N/mm}^2 = 600 \text{ N/mm}^2$$

Dal prodotto di entrambe le cifre (**6** per **8**) si ottiene $1/10$ del limite di elasticità in N/mm^2 .

$$R_e = 6 \times 8 \times 10 \text{ N/mm}^2 = 480 \text{ N/mm}^2$$


La resistenza alla trazione R_m di una vite è la tensione di trazione, a partire della quale nel gambo o nella filettatura (non nella testa) può avvenire una rottura.

Il limite di elasticità R_e è la tensione di trazione a partire della quale, in caso di aumento della tensione di trazione, l'allungamento aumenta in misura sovrapproporzionale. L'allungamento persiste dopo lo scarico.

$R_{p0.2}$: designazione di viti per le quali non è possibile determinare il limite apparente di elasticità.

Dado



La classe di durezza dei dadi è indicata da un numero. In un collegamento dado-vite, i due elementi devono presentare la stessa classe di resistenza.

Confronto

Classe di resistenza	Vite			Classe di resistenza	Sollecitazione del collegamento	Collegamento Materiale dei pezzi da collegare
	Resistenza alla trazione R_m in N/mm^2	Limite di elasticità R_e risp. limite elast. di allung. 0,2% $R_{p0.2}$ in N/mm^2				
		R_e	$R_{p0.2}$			
6.8	600	480		6	bassa	tutti gli acciai di costruzione
8.8	800		640	8	media	
10.9	1000		900	10	alta	acciai di costruzione da S355
12.9	1200		1080	12	molto alta	acciai da bonifica

Forme di costruzione

Classificazione

Spina cilindrica



Spina conica



Spina ad intagli conici



Spina elastica



Perno

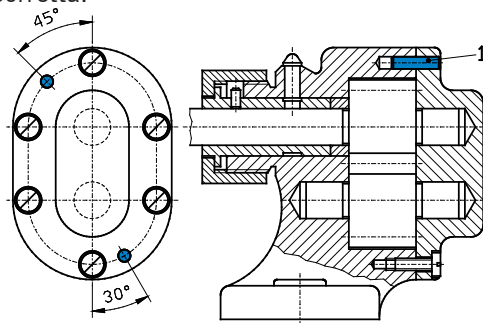


Utilizzo

Elemento di collegamento

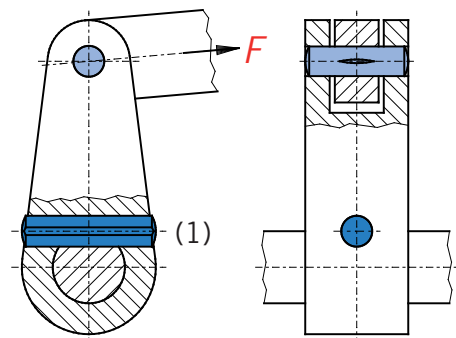
Spine di registro

Le spine di registro (1) garantiscono che i pezzi si trovino nella giusta posizione tra loro. La disposizione asimmetrica delle spine assicura una posizione di montaggio corretta.



Spine di fissaggio

Le spine di fissaggio uniscono i pezzi. Il foro viene generalmente eseguito dopo l'allineamento dei pezzi (1).

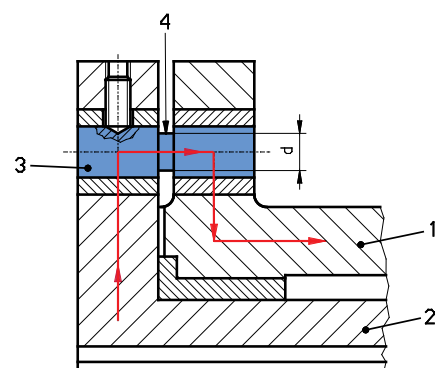


Elemento di sicurezza

Spine di sicurezza

Proteggono le parti delle macchine da un sovraccarico e dalla distruzione.

I mozzi con flangia (1) e (2) vengono assemblati mediante diverse spine scanalate con cavità tornita (3). Le spine utilizzate per la trasmissione del momento torcente vengono interrotte a un punto di rottura definito (4), ossia non appena è stato oltrepassato il momento torcente massimo.



Elemento costruttivo

Una spina può essere utilizzata anche come elemento costruttivo (supporto di molla).



Cavalletto per moto

Nozioni fondamentali dell'incollatura

La resistenza meccanica e termica degli adesivi è spesso inferiore rispetto a quella dei materiali da assemblare. Nella scelta dell'adesivo e della struttura del giunto è necessario tenere conto degli svantaggi.



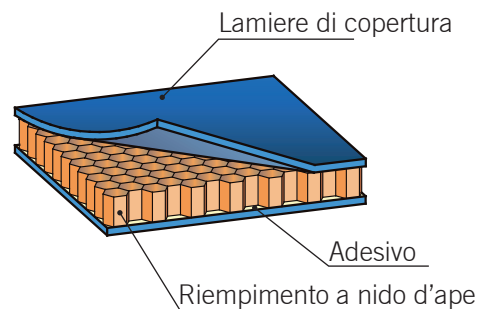
0306

Adesione Forza con cui l'adesivo aderisce al pezzo	Coesione Forza all'interno dell'adesivo
<p>Un corretto pretrattamento delle superfici dei pezzi contribuisce ad aumentare le forze di adesione.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eliminare le sostanze estranee • Rendere le superfici rugose, sgrassarle e asciugarle 	<p>Più è sottile lo spessore della colla, più aumentano le forze di coesione.</p>

Applicazioni

Collegamento di elemento costruttivi

Le fusoliere, ad esempio, sono incollate, come vengono incollati anche i pannelli a sandwich destinati all'industria aeronautica e aerospaziale. Sulla Re 460 (locomotiva 2000), i rivestimenti in materia plastica della cabina di guida vengono incollati alla cassa di metallo della locomotiva.



Assicurare le viti contro l'allentamento.

Impermeabilizzazione dei piani di giunzione

L'impiego di materiali adesivi di tenuta spesso è più economico della fabbricazione e del montaggio di guarnizioni piatte di forma complessa.

OSSERVAZIONE IMPORTANTE

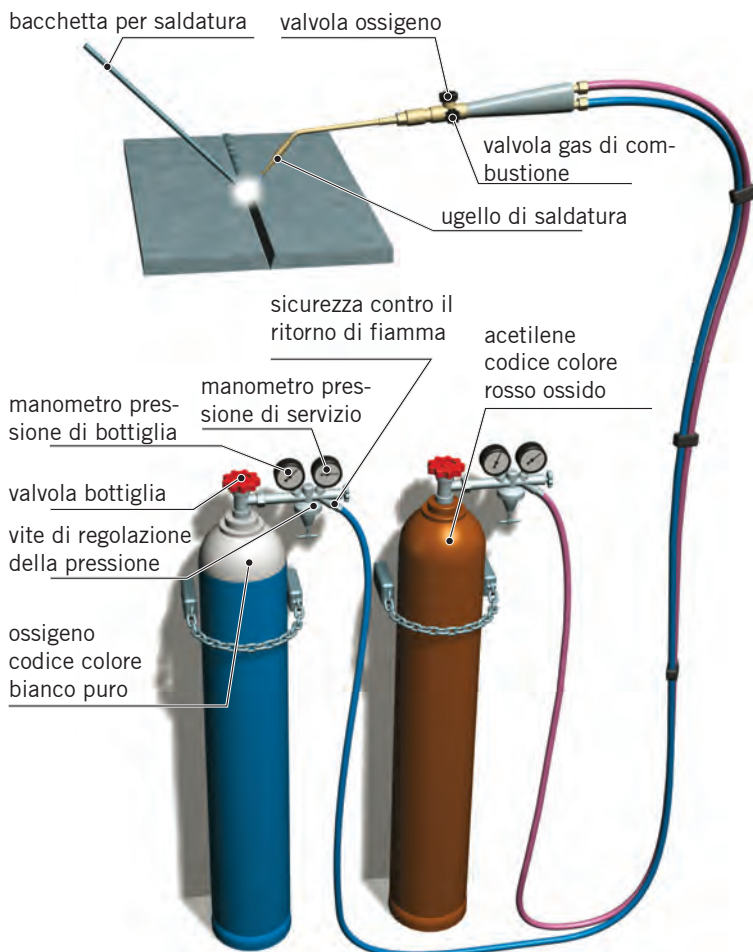
Per ottenere un risultato perfetto di incollatura, non si deve solo tenere conto della geometria dei pezzi, ma anche delle specifiche del produttore e della data di scadenza dell'adesivo.

3.4.2. Saldatura per fusione

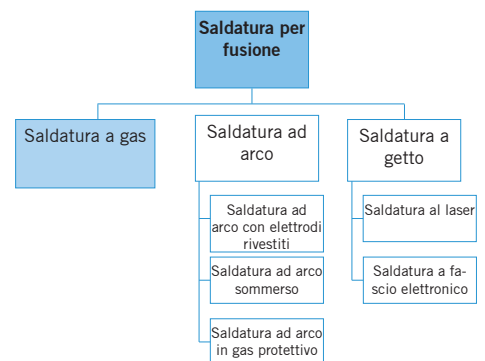


Saldatura a gas

La saldatura a gas (saldatura autogena) viene eseguita per fusione sul punto di saldatura mediante il calore generato dalla combustione di un gas combustibile.



Impianto di saldatura a gas



Materiali

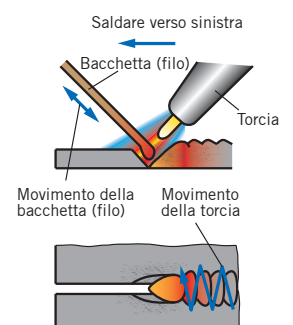
Acciai non legati o debolmente legati fino a 3 mm di spessore.

Metodo di saldatura

Il materiale d'apporto viene aggiunto manualmente.

Fonte d'energia

Fiamma costituita da ossigeno e gas combustibile. A causa dell'elevata temperatura di lavoro, come gas combustibile viene utilizzato l'acetilene (utilizzato anche per la brasatura).



Materiali d'apporto

Apporti di saldatura nudi

Applicazione

Processo di saldatura manuale: spesso utilizzato per la saldatura di raccordi di tubi in acciaio.

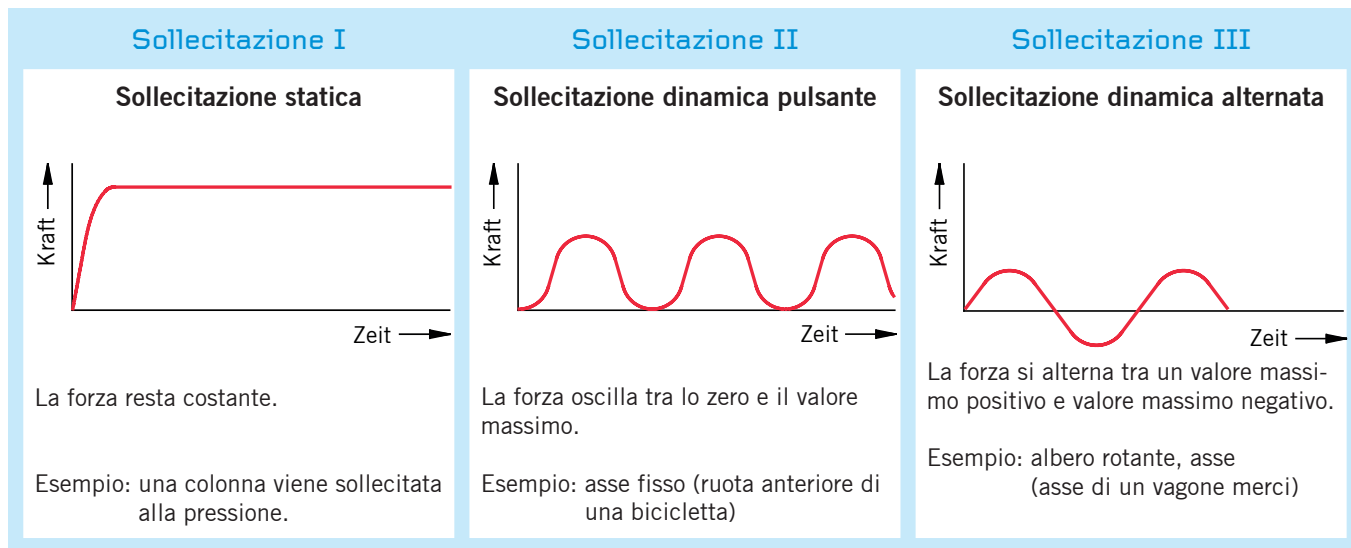
Sicurezza

- Indossare occhiali protettivi con lenti scure.
- In caso di lavori di saldatura in piccoli locali, garantire la ventilazione con aria fresca.
- Le bottiglie di gas devono essere messe al sicuro contro le cadute gli urti, il calore e il gelo.

Tipi di sollecitazioni

Esercizio 4.1.1: disegnate nei diagrammi le curve di sollecitazione.

In funzione del decorso temporale delle forze, si distingue tra:



0401

Effetto di intaglio

La concentrazione della tensione in un asse o in un albero dipende tra l'altro dai cambiamenti di sezione (raccordi, intagli, forature, scanalature ecc.) e dalla qualità della superficie. L'effetto di intaglio sugli alberi e assi si accentua sui raccordi che determinano un cambiamento di diametro.

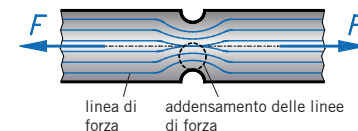


0402

Su assi e alberi lisci, le linee di forza non incontrano ostacoli.



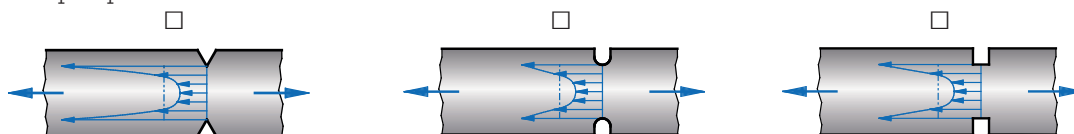
Nel caso in cui degli intagli disturbino la trasmissione regolare della forza, si verifica un addensamento delle linee di forza e di conseguenza un aumento di tensione nella zona dell'intaglio.



La tensione dipende in larga misura dalla forma e dalla grandezza dell'intaglio.

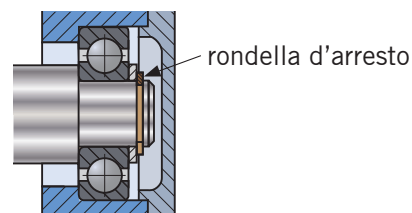


Esercizio 4.1.2: indicate tra i disegni illustrati qui di seguito quello che rappresenta il caso più pericoloso?



OSSERVAZIONE IMPORTANTE

Gli anelli di sicurezza e le rondelle di arresto necessitano di scanalature strette con spigoli vivi nell'albero ammissibili solo nella parte non sollecitata dell'albero (estremità dell'albero).



Classificazione

Catene articolate

- catene a rulli
- catene a perni



Catena a maglie

- catene per carichi e di trasporto

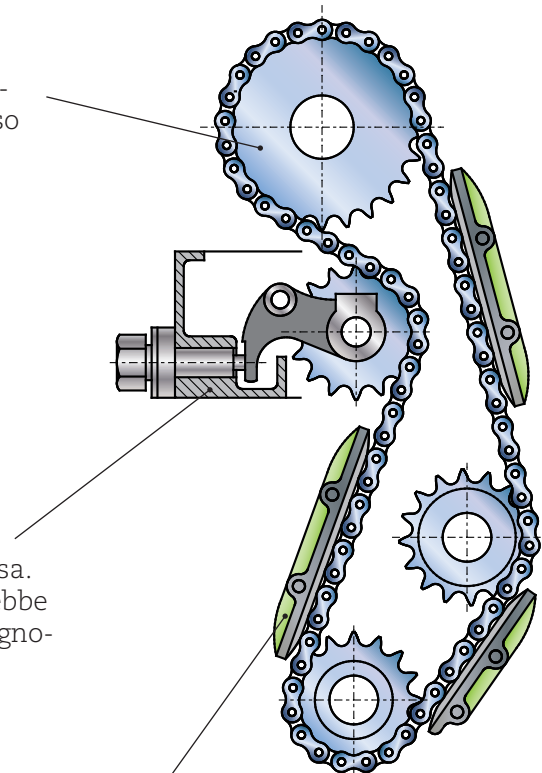


Trasmissione a catena

Le parti della trasmissione a catena e la loro disposizione influenzano direttamente la funzione e la durata di vita.

Pignoni per catene

La maggior parte delle trasmissioni a catena possiedono un numero dispari di maglie. L'impiego di un pignone trainante dotato anch'esso di un numero dispari di denti contribuisce a un'usura uniforme.



Tendicatena

La catena deve sempre essere leggermente tesa. Altrimenti presenterebbe gioco e determinerebbe un'usura eccessiva della stessa nonché dei pignoni. Inoltre, provocherebbe rumori (tintinnio).



Guidacatene

Per attenuare le vibrazioni soprattutto nel tratto di ritorno della catena, si utilizzano spesso guida-catene e rulli tenditori supplementari



0412

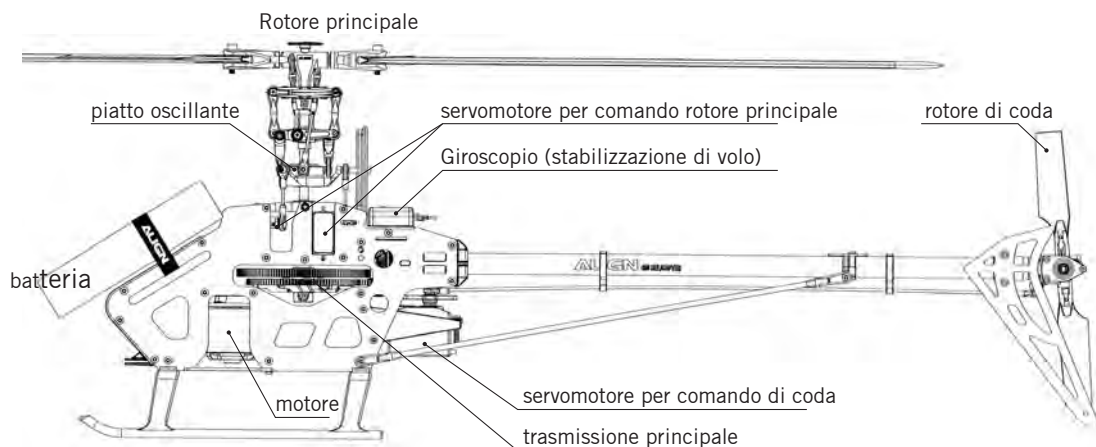
Elicottero radiocomandato

L'elicottero ad alimentazione elettrica è dotato di un comando di passo collettivo, ossia l'angolo di incidenza per tutte le pale viene impostato allo stesso tempo. Il motore senza spazzole viene alimentato di energia elettrica da una batteria al litio polimero. L'elicottero è caratterizzato da un funzionamento silenzioso e una buona stabilità direzionale.

Lunghezza	635 mm
Altezza	230 mm
Rotore princi- pale	Ø710 mm
Rotore di coda	Ø158 mm
Trasmissione principale	$i = 10,7:1$
Rotore di coda	$i = 4,24:1$
Motore	$U = 7,4 \dots 14,8 \text{ V}$
	$P_{\max} = 400 \text{ W}$



Vista d'insieme



5.1 Rotore principale

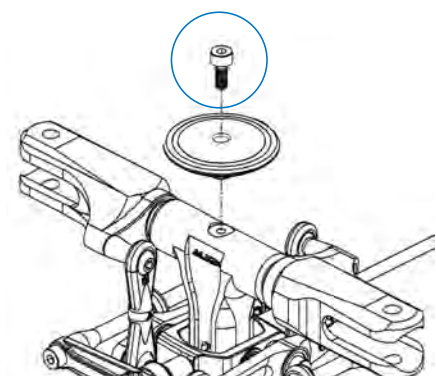
Esercizio 5.1.1:

il freno di testa del rotore viene fissato conformemente al disegno mediante una vite $\varnothing 2 \text{ mm}$ della lunghezza di 5 mm.

Qual è la designazione normalizzata della vite?



Vite a testa cilindrica ISO 4762-M2x5-8.8



testa del rotore

Esercizio 5.1.2: come viene fermata la vite e perché?

Con colla per evitare che la vite si allenti a causa delle vibrazioni.

Classificazione

Tipi di costruzione

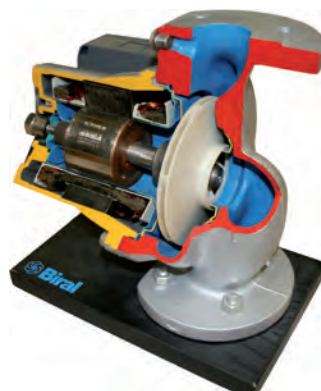
Pompe volumetriche

- Pompa a segmenti oscillanti
- Pompa a ingranaggi
- Pompa a pistone
- Pompa a viti
- Pompa peristaltica



Pompe di movimento

- Pompa centrifuga



Pompe speciali

- Pompa a getto
- Tubo venturi



Pressione

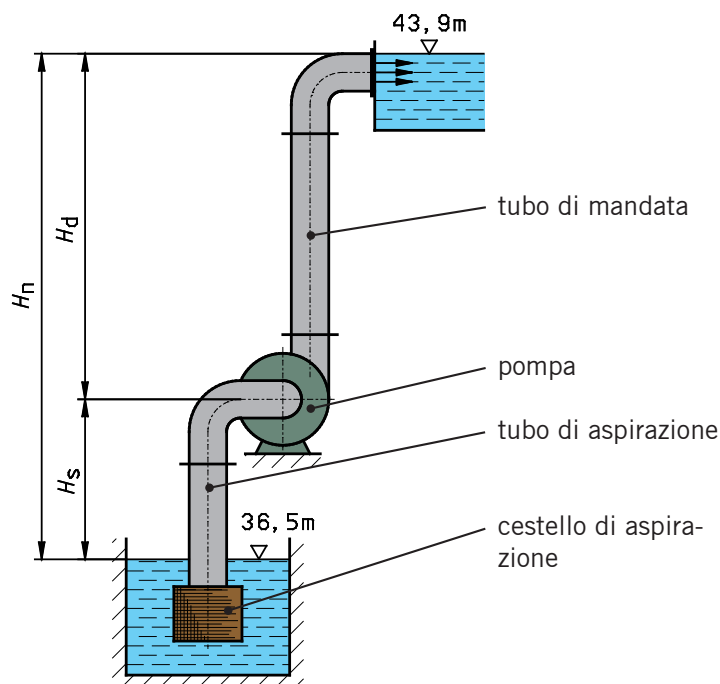
Bassa pressione
2 ... 170 bar

Pressione media
...170 bar

Alta pressione
200 ... 650 bar

Altissima pressione
più di 650 bar

Designazioni



H_a = altezza di aspirazione

H_m = altezza di mandata

H_p = altezza geodetica

$$H_a + H_m = H_p$$

altezza tra il livello dell'acqua inferiore e superiore

Altezza di prelievo:

detta anche altezza geodetica

Altezza di mandata H_m :

detta anche altezza geodetica di mandata

Altezza di aspirazione H_a :

detta anche altezza geodetica di aspirazione

Elementi costruttivi

Manovellismo

I compiti del manovellismo sono i seguenti:

- trasformare il movimento lineare del pistone in un movimento rotatorio dell'albero a manovella;
- trasmettere la forza del pistone generata dalla pressione di combustione all'albero motore tramite la biella. La piegatura dell'albero motore genera una coppia sullo stesso.

Gli elementi costruttivi del manovellismo sono i seguenti:

- pistoni con anelli di tenuta e perni del pistone
- biella con cuscinetto del perno del pistone
- albero a manovella con cuscinetti di banco
- volano

Pistoni

La struttura di base di un pistone è uguale per tutti i motori. I pistoni si distinguono però per:

- la loro stabilità
- le loro dimensioni e la loro forma
- la loro resistenza (meccanica, termica)

Materiali dei pistoni:

- leghe di alluminio e di rame
- leghe di alluminio e di silicio
- ceramica

Biella

La biella costituisce il collegamento tra il pistone e l'albero motore. Malgrado la sua elevata stabilità, la biella dovrebbe comunque presentare una massa ridotta, motivo per cui viene fabbricata con i seguenti materiali:

- acciaio da bonifica, legato
- lega di alluminio di elevata qualità
- titanio (motori ad alte prestazioni)
- materiali sinterizzati

La fabbricazione avviene tramite:

- stampaggio a caldo
- fusione
- sinterizzazione

Albero a manovella

L'albero a manovella rileva la forza della biella e la converte in coppia. La struttura viene determinata dai seguenti fattori:

- struttura del motore
- numero dei cilindri
- cilindrata
- numero dei cuscinetti del banco

Procedure di fabbricazione in uso:

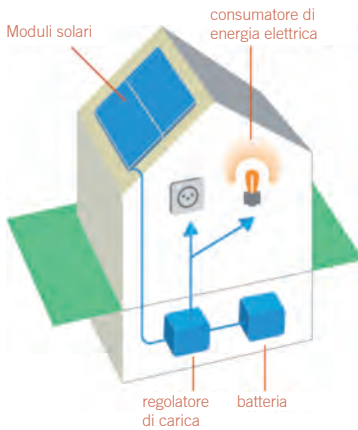
- fusione
- forgiatura (direzione delle fibre ideale)
- struttura modulare (p. es. grandi motori)



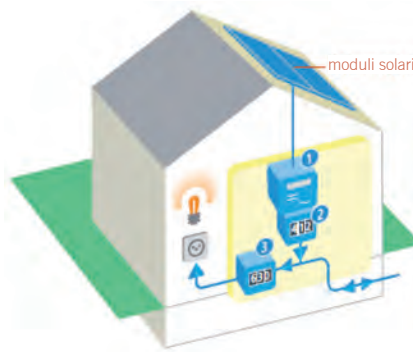
Fotovoltaico

Per fotovoltaico si intende la trasformazione diretta di energia solare in corrente elettrica per mezzo di celle fotovoltaiche. I moduli fotovoltaici sono in grado di produrre energia continua con energia solare.

Impianto a isola:



Installazione connessa a una rete di distribuzione elettrica:

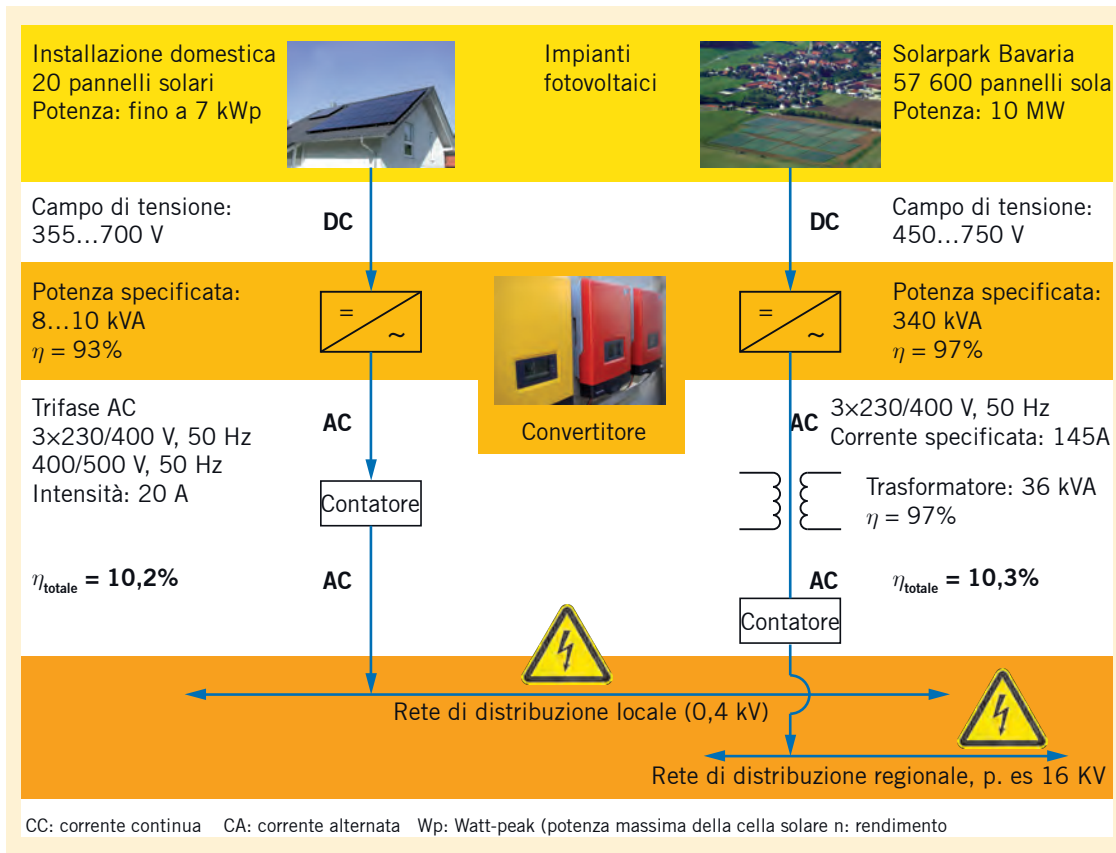


Legenda:

- 1 convertitore DC/AC
- 2 contatore kWh di produzione
- 3 contatore kWh di consumo

Corrente solare per la rete

Il grafico mette a confronto due possibilità della produzione di corrente per la rete pubblica: l'utilizzo decentralizzato in un'economia domestica e l'utilizzo centralizzato in un parco solare.



OSSERVAZIONE IMPORTANTE

Gli impianti fotovoltaici producono energia pulita in maniera autonoma e affidabile. Inoltre, hanno una lunga durata di vita e necessitano di poca manutenzione.

Fonti d'energia utilizzate per le pompe di calore

L'aria come fonte di calore

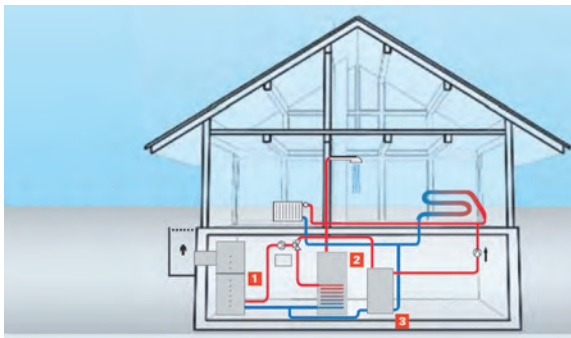
La pompa di calore aerotermica utilizza l'aria esterna riscaldata dal sole.

Legenda:

1 Pompa di calore

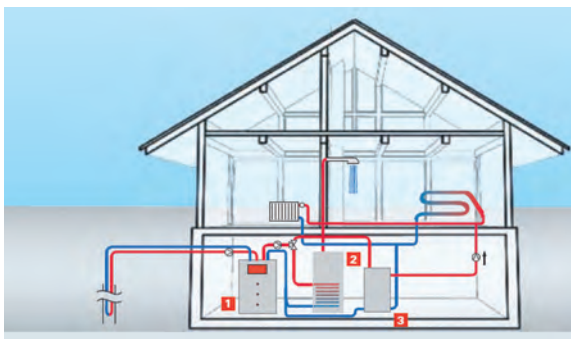
2 Boiler

3 Accumulatore



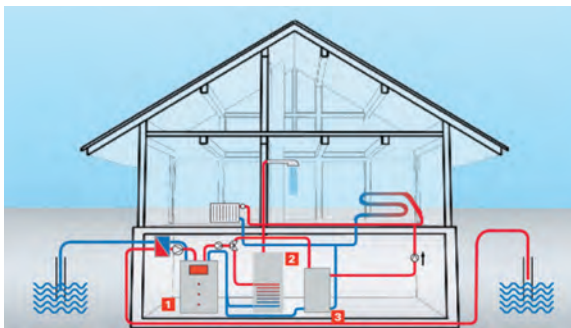
Le sonde geotermiche come fonti di calore

L'energia geotermica viene prelevata mediante speciali sonde geotermiche che possono raggiungere profondità di 100 m, dove la temperatura si attesta tutto l'anno a un valore costante di 10 °C.



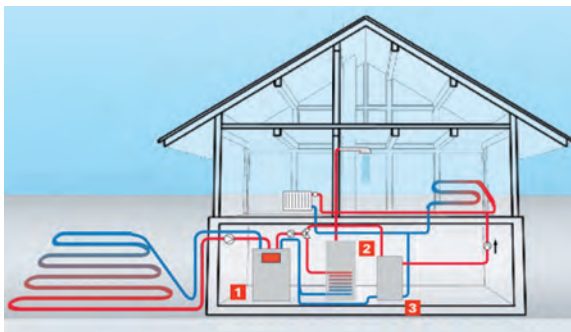
L'acqua sotterranea come fonte di calore

La pompa di calore acqua-acqua preleva il calore dall'acqua sotterranea, la cui temperatura è costante, a prescindere dalla stagione e dalla temperatura esterna. L'acqua sotterranea viene prelevata da un pozzo di prelievo e, una volta ceduto il calore, viene scaricata in un pozzo di restituzione.



La terra come fonte di calore

La pompa di calore acqua glicolata/acqua sfrutta il calore della terra, dove regna una temperatura quasi costante durante tutto l'anno. Un collettore geotermico posato a serpentina a 1,5 m di profondità preleva il calore dal suolo.



OSSERVAZIONE IMPORTANTE

Il nostro ambiente viene riscaldato dal sole. Per questo motivo le acque sotterranee, i fiumi e i laghi, il suolo e l'aria esterna sono riserve d'energia permanentemente disponibili (rinnovabili).

I tipi di reattori e le loro caratteristiche tecniche

Turbojet

Uno dei reattori più utilizzati nella storia aeronautica militare statunitense per gli aerei da caccia. Questo motore a reazione è impiegato nei caccia F-15 e F-16.

Dati tecnici

Spinta max. 130 kN

Rapporto di compressione 30,7

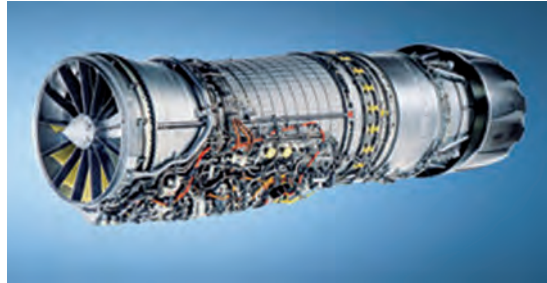
Rapporto di diluizione 0,76:1

Lunghezza 4620 mm

Diametro max. 1181 mm

Peso (a secco) 1805 kg

- turboreattore a doppio flusso e doppio corpo con postcombustore
- ugello di scarico convergente-divergente
- regolazione digitale del motore



Turbonfan

Questo reattore è utilizzato nei voli a lungo raggio, come ad esempio nell'Airbus A380.

Dati tecnici

Spinta 340 kN

Rapporto di diluizione 9:1

Rapporto di compressione 43,9:1

Lunghezza 4740 mm

Diametro della ventola 2950 mm

- turboreattore a doppio flusso e doppio corpo
- compressore a bassa pressione a 5 stadi
- compressore ad alta pressione a 9 stadi
- turbina ad alta pressione a 2 stadi
- turbina a bassa pressione a 6 stadi
- basso consumo di carburante a velocità di crociera
- emissioni sonore basse
- peso ridotto



Turboprop

Il TP400-D6 è utilizzato nell'aereo di trasporto militare Airbus A400M.

Dati tecnici

Spinta (all'altezza del mare) 8200 kW

Lunghezza 3500 mm

Diametro dell'elica 5330 mm/

8 pale

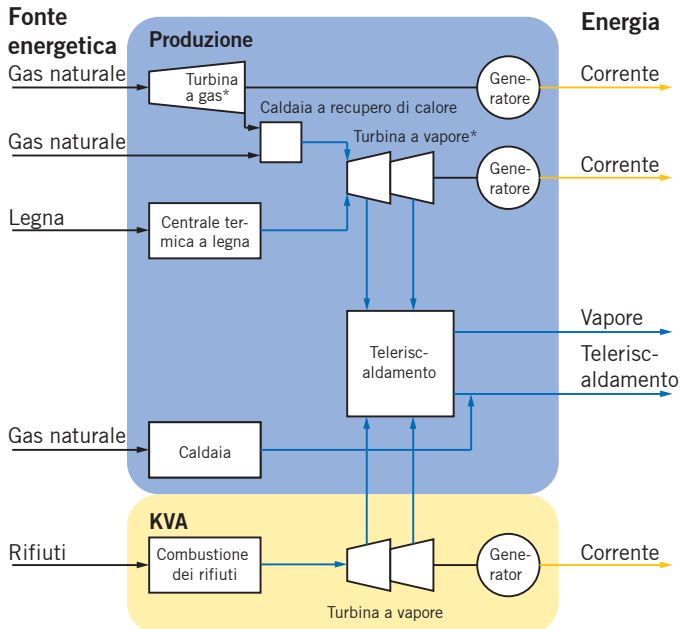
Peso ca. 1860 kg

- turboprop più potente dell'Occidente
- bassi costi di manutenzione
- durata di vita delle parti conforme agli standard civili



Centrale energetica Forsthaus a Berna

Questo impianto, che comprende un impianto di trattamento dei rifiuti (ITR), una centrale di riscaldamento a legna (CRL) e una centrale termoelettrica a ciclo combinato (CCGT), produce elettricità, calore e vapore per la città di Berna. La centrale energetica Forsthaus copre circa un terzo del consumo elettrico cittadino.



* Entrambe le turbine formano un ciclo combinato

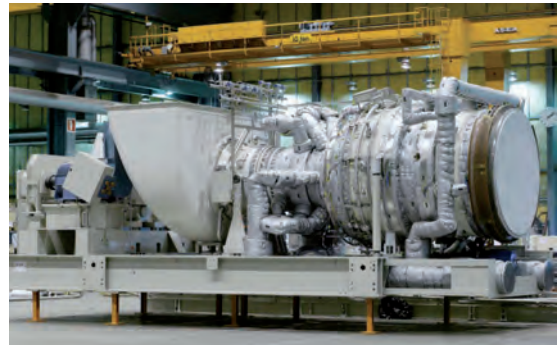
Dati tecnici

Capacità ITR:	110 000 t di rifiuti all'anno 112 000 t di trucioli di legno all'anno
Capacità CRL:	650 000 MWh di gas all'anno
Calore a distanza:	ca. 250 000 MWh all'anno
Vapore emesso:	ca. 40 000 MWh all'anno
Produzione elettrica:	ca. 360 000 MWh all'anno
Potenza elettrica totale:	89 MW
Turbina a vapore ITR:	16 MW
Turbina a vapore CCGT e CRL:	27 MW
Turbina a gas:	46 MW
Anno di costruzione:	2009–2013
Ubicazione:	città di Berna

Turbina a gas

La turbina a gas è una macchina monoalbero con 15 stadi di compressione. I primi tre stadi possiedono palette direttrici regolabili.

Numero di giri della turbina: 6600 min^{-1}
 Rapporto di compressione: 19:1
 Rendimento: 37,5%
 Consumo di calore: 9597 kJ/kWh
 Flusso massico dei gas di scarico: $131,5 \text{ kg/s}$
 Temperatura dei gas di scarico: 544 °C



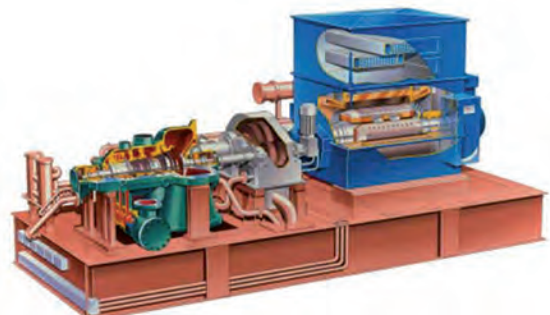
Le turbine a vapore sono turbine a vapore industriali monocorpo.

Turbina a vapore ITR

Portata di vapore vivo max.: ca. 77 t/h
 Pressione d'esercizio max.: ca. 39 bar
 Temperatura d'esercizio max.: 395 °C

Turbina a vapore CCGT e CRL

Portata di vapore vivo max.: ca. 104 t/h
 Pressione d'esercizio max.: ca. 59 bar
 Temperatura d'esercizio max.: 480 °C

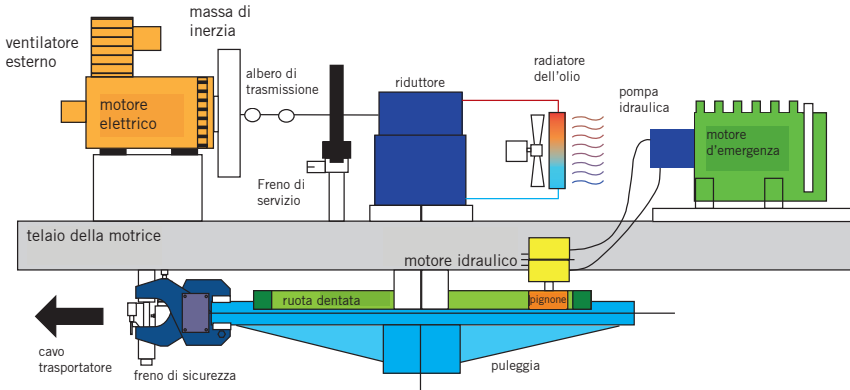


9.2 Stazione a monte

La stazione a monte comprende diverse installazioni e vari gruppi costruttivi. Impariamo a conoscere quelli più importanti.

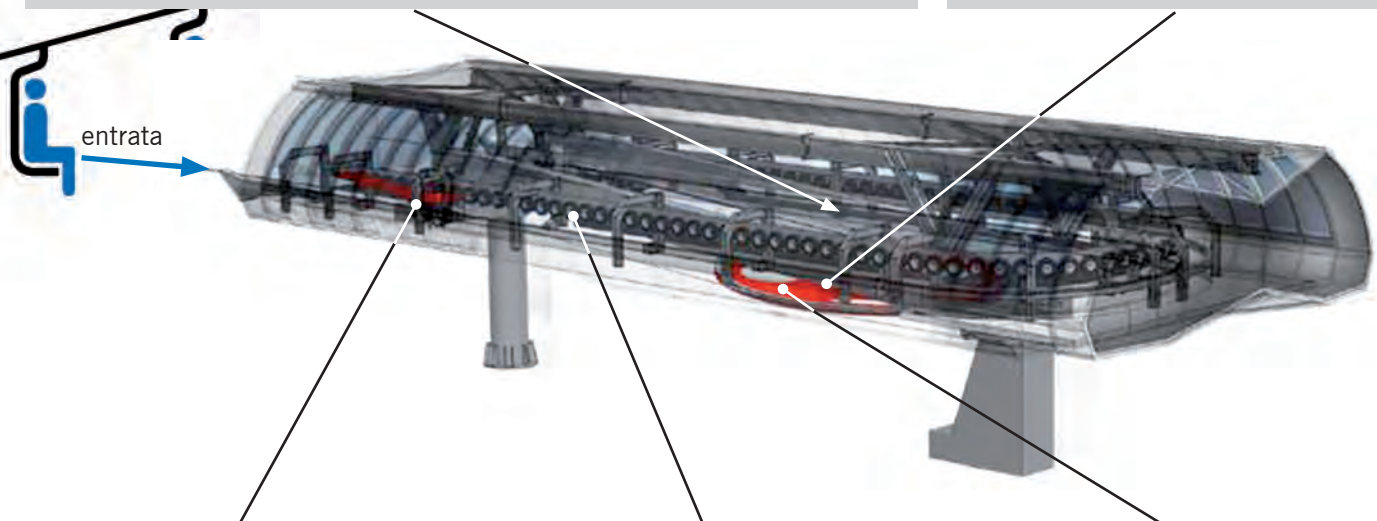
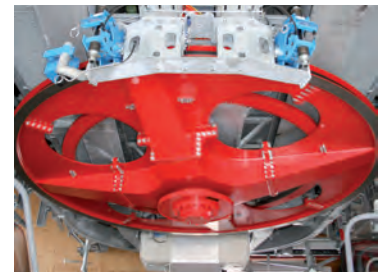
Trasmissione principale

La seggiovia viene azionata da un motore elettrico. Il treno planetario permette di ridurre il numero dei giri e di aumentare la coppia. Il movimento di rotazione aziona la puleggia che fa scorrere la fune.



Puleggia per fune

Le pulegge servono a deviare la fune di trazione nelle stazioni e sulle curve. Affinché la sollecitazione di flessione della fune di trazione non superi i limiti ammissibili, il diametro della puleggia è generalmente almeno 80 volte il diametro della fune.



Trasmissione

La trasmissione del convogliatore a pneumatici avviene per accoppiamento di forza dalla fune ai rulli.



Convogliatore a pneumatici

Non appena le gondole si sgan- ciano dalla fune vengono accelerate o frenate dal convogliatore a pneumatici. La trasmissione dei pneumatici avviene mediante una cinghia da ruota a ruota. Tramite la scelta degli appropriati diametri delle pulegge, viene determinata la velocità.



Freno di sicurezza

Il freno di sicurezza serve per frenare l'installazione e per immobilizzarla alla chiusura dell'impianto. Si tratta di un freno a disco che agisce direttamente sulla puleggia motrice.

